تاجر، پگاه؛ فقیه، نظام‌الدین (۱۳۹۴). روند تکامل دانش با توجه به نقش مشاهده‌گر در رویکردهای چهارگانه سیبرنتیک. *پژوهش‌نامه کتابداری واطلاع‌رسانی*، ۵ (۲)، ۲۱-۵.

روند تکامل دانش با توجه به نقش مشاهده‌گر در رویکردهای چهارگانه سیبرنتیک

دکتر پگاه تاجر[۱]، دکتر نظام‌الدین فقیه[۲]

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۱۴

چکیده

هدف: *این مقاله با رویکردی سیبرنتیکی، روند تکاملی دانش در انواع سیبرنتیک را با توجه به نقش مشاهده‌گر مورد بررسی قرار می‌دهد و با مطرح کردن مبانی فلسفی چهارگانه سیبرنتیک سعی دارد اهمیت این رویکرد را در علم اطلاعات و دانش شناسی آشکار کند.*

روش: *بررسی و تحلیل متون منتشر شده*

یافته‌ها: *مشاهده‌گر در هر مرتبه از سیبرنتیک نقش متفاوتی ایفا می‌کند. دانش در سیبرنتیک اول تصویری از واقعیت مشاهده شده و بدون حضور مشاهده‌گر در سامانه، در سیبرنتیک دوم سازه‌ای فردی با حضور مشاهده‌گر و در سیبرنتیک سوم سازه‌ای اجتماعی برگرفته از عملکرد مشاهده‌گران و در جهت اهداف انسانی است که در سیبرنتیک چهارم با استفاده از دیالکتیک جهانی و گسترش ارتباطات علمی تکامل می‌یابد. هر چهار رویکرد سیبرنتیکی در علم اطلاعات و دانش شناسی حائز اهمیت می‌باشند و اوج این اهمیت را می‌توان در ارتباطات علمی و سیبرنتیک چهارم دید. علم اطلاعات و دانش شناسی به دلیل دارا بودن ماهیتی بین‌رشته‌ای زیربنای توسعه جوامع است لذا ضروری است به مطالعات علم و فناوری از دیدگاه تکامل دانش در علم سیبرنتیک نگریسته شود.*

کلیدواژه‌ها: *مشاهده‌گر، دانش، سیبرنتیک، سیبرنتیک اول، سیبرنتیک دوم، سیبرنتیک سوم، سیبرنتیک چهارم*

۱.عضو هیأت علمی گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی. واحد مرودشت. دانشگاه آزاد اسلامی. مرودشت. ایران / دانشجوی دکتری علم اطلاعات و دانش‌شناسی. بازیابی اطلاعات و دانش. دانشگاه شیراز، ptajer@miau.ac.ir

۲.استاد بخش مدیریت دانشگاه شیراز

مقدمه

سیبرنتیک علمی فرا رشته‌ای[1] است که با حفظ اصول اولیه خود، بین رشته‌های گوناگون علمی پیوند برقرار می‌کند. همچنین علمی میان رشته‌ای[2] است که در بسیاری حوزه‌ها کاربرد دارد و از ترکیب آن با علوم دیگر می‌توان رشته‌ای جدید ایجاد کرد. به این ترتیب سیبرنتیک ارتباط بین علوم را تسهیل می‌کند. سیبرنتیک را علمی ابر رشته‌ای[3] و علمی درباره علوم دیگر نیز می‌دانند. زیرا به نقد و بررسی اشکال مختلف دانش و شباهت‌ها و تفاوت‌های حوزه‌های متنوع علمی می‌پردازد و دانشمندان همه علوم را مدل‌ساز، کنترل‌کننده و پیش‌بینی‌کننده می‌پندارد (Scott, 2004). سیبرنتیک در واقع توزیع دانش بین علوم مختلف را میسر می‌سازد.

مطالعات فرا رشته‌ای سامانه‌های پیچیده از زمان ظهور تاکنون پیشرفت چشمگیری داشته است. از فعالیت‌های فرا رشته‌ای انجام شده در این زمینه، می‌توان به نظریه سمانتیک عمومی کورزیبسکی[4] (۱۹۵۸) و نظریه عمومی سامانه‌های ون برتالانفی[5] (۱۹۵۰) و (۱۹۷۲) اشاره کرد (Scott, 2004).

باگذشت زمان نظریه‌پردازان علم سیبرنتیک به تولید و توزیع دانش در سامانه‌های انسانی نیز توجه کردند. مهم‌ترین هدف آنها، شناخت چالش‌های پیچیدگی و عدم قطعیت در یک جامعه در حال توسعه و ایجاد مدل‌های مربوط و ارائه راهکار برای رفع مشکلات بود (Ghosal, 1999). سیبرنتیک به‌عنوان علم کنترل و ارتباطات در بین جانداران و غیرجانداران (Wiener, 1948) به نظر می‌رسید بتواند برای چنین چالش‌هایی نیز، راهکارهای خلاقانه‌ای ارائه کند. گرچه سیبرنتیکی که در آن زمان تعریف شده بود، در اصل بر کنترل و بازخور منفی تأکید داشت، پژوهشگران پنداشتند که همه این مسائل را از طریق سامانه‌های سیبرنتیکی مربوط، می‌توان فرمول‌بندی کرد. بنابراین سیبرنتیک امکانات انبوهی برای درک مسائل رشد در جوامع انسانی دارد. برای مثال رشد برنامه‌ریزی شده در اقتصاد، به توجه به پدیده بازخور مثبت و عناصر پیشخوراند که خود به‌طور غیرمستقیم از ویژگی‌های سامانه سیبرنتیکی هستند، نیاز دارد (Ghosal, 1999).

با مطالعات گسترده توسط پژوهشگران این حوزه و با توجه به نقش پژوهشگر به‌عنوان مشاهده‌گر[6] در حل مسائل پیچیده، انواع مختلف سیبرنتیک از جمله سیبرنتیک دوم[7]، سوم[1] و چهارم[2] به‌وجود آمد. این

1. Transdisciplinary
2. Interdisciplinary
3. Metadiscipline
4. Korzybski's The General Semantics
5. Von Bertalanffy's The General System Theory
6. Observer
7. Second Order Cybernetics

مقاله ضمن بررسی نقش مشاهده‌گر در سامانه‌های سیبرنتیکی، به‌شرح انواع سیبرنتیک از آغاز تا امروز و تأثیر این رویکرد در تکامل دانش با تأکید بر جوامع انسانی می‌پردازد و رویکردهای چهارگانه سیبرنتیک را به‌عنوان رویکردی روش‌شناسانه برای تولید و توزیع دانش بیان می‌کند. این مقاله با مطرح کردن مبانی فلسفی چهارگانه سیبرنتیک همچنین سعی دارد اهمیت این رویکرد را در علم اطلاعات و دانش شناسی آشکار کند.

روش مورد استفاده در این پژوهش، بررسی و تحلیل متون منتشر شده و به‌عبارت دیگر مطالعه کتابخانه‌ای می‌باشد. بنابراین از منابع کتابخانه‌ای فارسی و انگلیسی در قالب‌های الکترونیکی و چاپی استفاده شده است.

معرفت‌شناسی[۳] مشاهده‌گر

پریگوگین[۴] (۱۹۸۰) بر این باور است که انسان‌ها مشاهده‌گرانی درون کائنات هستند. هستی‌ای که توسعه می‌یابد، به‌وجود می‌آید، تکامل می‌یابد و رمزگشایی می‌شود و مشاهده‌گر خود بخشی از آنچه که مشاهده می‌کند، است که به ناگزیر در حلقه هرمنوتیکی[۵] قرار گرفته است. حلقه‌ای که در آن مشاهده‌گر به‌عنوان موجودی در زمان، مفاهیمی از موجودیت و زمان را می‌سازد. اسکات[۶] (۲۰۰۴) تأکید می‌کند که نظریه‌پردازان زیادی بیان کرده‌اند که ادراکات مشاهده‌گر از هستی، در واقع سازه‌هایی هستند که او به‌عنوان سامانه‌ای زنده، برای معنا دادن به تجربیاتش می‌سازد. در واقع مشاهده‌گر است که سامانه را آنچنان که هست تشخیص می‌دهد. بنابراین معرفت‌شناسی مشاهده‌گر یا به‌عبارتی چگونگی مشاهده او و شناخت و دانش او از جهان و سامانه‌هایش خود مسأله پیچیده‌ای است.

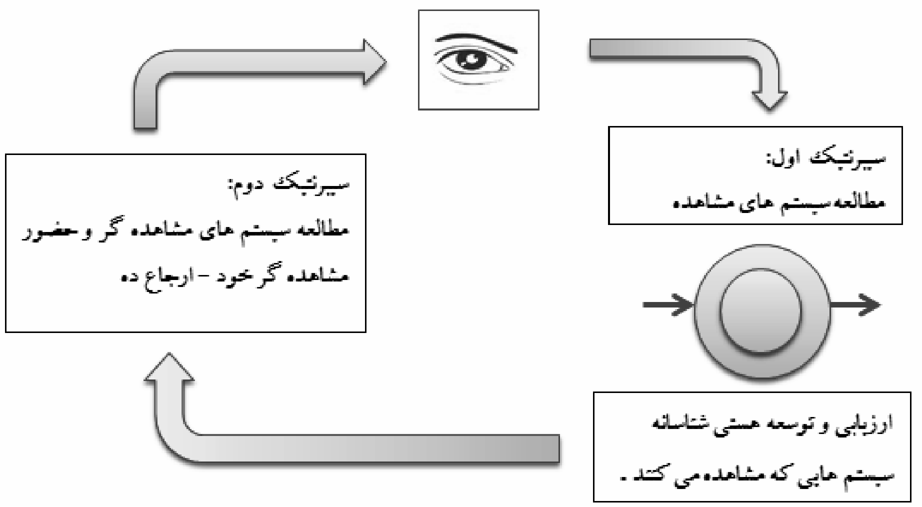
انسان به‌عنوان مشاهده‌گر، ممکن است با مطالعه سامانه‌های مشاهده شده یا سیبرنتیک اول مشاهده

1. Third Order Cybernetics
2. Forth Order Cybernetics
3. Epistemology
4. Prigogine

۵. در دائره‌المعارف آزاد ویکی‌پدیا آمده است که هرمنوتیک دانشی است که به «فرایند فهم یک اثر» می‌پردازد و چگونگی دریافت معنا از پدیده‌های گوناگون هستی اعم از گفتار، رفتار، متون نوشتاری و آثار هنری را بررسی می‌کند. دانش هرمنوتیک با نقد روش‌شناسی، می‌کوشد تا راهی برای «فهم بهتر» پدیده‌ها ارائه کند. به زبان ساده‌تر، تأویل‌شناسی یا هرمنوتیک به دنبال یافتن پاسخی برای این پرسش است که آیا روش و راهکاری وجود دارد تا خوانندگان یک متن و یا بینندگان یک اثر هنری، با به‌کارگیری آن روش، به دریافت معنای ثابت و مشخصی از آن اثر یا متن دست یابند؛ یا اینکه درک و فهم هر مخاطبی مختص اوست و با دیگری تفاوت دارد (Wikipedia).

6. Scott

را آغاز کند که در این صورت او به‌عنوان واقع‌گرایی زودباور (Scott, 2004)، مشاهده را انجام خواهد داد. هرچند این نوع مشاهده با توجه به مسأله ارزیابی و ساختار اجتماعی سامانه‌های مشاهده‌گر، توصیفاتی برای او فراهم می‌کند، در نهایت با چالش و اجبار مطرح در نظریات ون فارس‌تر[1] مواجه خواهد شد. فارس‌تر اعتقاد دارد که مشاهده‌گر به ناگزیر به ناحیه توصیفات خودش هم وارد می‌شود. بنابراین او مجبور است بپذیرد که به‌عنوان سامانه‌هایی که از نظر سازمانی بسته‌اند، مشاهدات مشاهده‌گر، مشاهدات مستقیم واقعیت نیست بلکه سازه‌هایی برپایه مجموعه ویژه‌ای از فرضیه‌ها می‌باشند و در واقع فرض شده است که واقعیتی استوار و قانون‌مند وجود دارد (Scott, 2004). لذا سیبرنتیک اول به‌تدریج به مرحله ارزیابی و توسعه هستی‌شناسی سامانه‌هایی که خود مشاهده‌کننده هستند و ارتباط برقرار می‌کنند، می‌رسد. مطالعه این نوع سامانه‌ها، سیبرنتیک دوم را به‌وجود می‌آورد که در آن مشاهده‌گر در واقع خودش را به خودش توضیح می‌دهد تا دانش تولید شود. سپس سامانه مشاهده شده دیگری تولید می‌شود و این چرخه خود–ارجاع دهی[2] همواره ادامه دارد. در این چرخه به‌مرور دانش تکامل می‌یابد. به شکل ۱ توجه کنید:



شکل ۱. چرخه معرفت‌شناسی مشاهده‌گر

بنابراین سیبرنتیک دوم برخلاف سیبرنتیک اول که رویکردی واقع‌گرا دارد، ساختارگرا[3] است

1. Von Foerster
2. Self-referential
3. Constructivism

(Von Glaserfeld, 1978 quoted in Heylighen, 2001; Azad & Sharif, 2007). با اندکی تأمل در ماهیت علم سیبرنتیک می‌توان گفت با وجود اینکه سیبرنتیک اول دارای رویکرد واقع‌گرا است، اما معرفت‌شناسی سیبرنتیک اساساً بر ساختارگرایی استوار است. زیرا دانش نمی‌تواند به‌صورت منفعل از محیط جذب شود و باید توسط سامانه به‌صورت فعال ساخته شود. محیط، سامانه را نمی‌سازد بلکه فقط مدل‌هایی که ناکافی هستند را با نابود کردن یا تنبیه سامانه‌ای که از آنها استفاده می‌کنند، حذف می‌کند. به‌عبارت دیگر مدل‌سازی در پایه‌ای‌ترین سطح، از طریق تغییر و انتخاب و یا آزمون و خطا محقق می‌شود (Heylighen & Joslyn, 2001). از آنجایی‌که سامانه به چگونگی حقیقت جهان دسترسی ندارد، مدل‌ها بازتاب‌های عینی از واقعیتی خارجی نیستند بلکه در واقع سازه‌هایی ذهنی هستند. بنابراین بعد از سیبرنتیک اول، در علم سیبرنتیک مباحث سیبرنتیک دوم با تأکید بر معرفت‌شناسی ساختارگرا و نقش مشاهده‌گر مطرح شد.

دانش سیبرنتیکی اول و دوم

ون فارس‌تر (۱۹۷۹) در مقاله‌ای با عنوان «سیبرنتیک سیبرنتیک»، سیبرنتیک اول[1] را به‌عنوان سیبرنتیک سامانه‌های مشاهده شده و سیبرنتیک دوم را سیبرنتیک سامانه‌های مشاهده‌کننده تعریف کرد. مفهوم سیبرنتیک دوم توسط ماتوارانا[2] و وارلا[3] (۱۹۸۰)، آمپلبی[4] (۱۹۹۰)، گی‌یر[5] (۱۹۹۵) و غیره گسترش یافت. این پژوهشگران، سیبرنتیک را به دو دسته سیبرنتیک اول و سیبرنتیک دوم تقسیم کردند.

سیبرنتیک اول راهکاری مهندسی است که بر تولید و توزیع دانش در سامانه‌های کنترل، بازخور منفی و ساختار ماشین‌های هوشمند تمرکز دارد. در این نوع سیبرنتیک، مهندس، دانشمند و یا متخصص سیبرنتیک سامانه‌ای را به‌عنوان سامانه عینی واحدی مطالعه می‌کند که می‌تواند آزادانه مورد مشاهده قرار بگیرد و دستکاری شود. ترموستات مثال مشهوری از سامانه سیبرنتیکی نوع اول است که به‌طور کامل از محیط اطراف خود مجزا است و برای مشاهده‌گر، غیرقابل نفوذ است. این نوع سیبرنتیک جنبه‌هایی از سامانه را به‌جای همه جوانب آن توصیف می‌کند. به این معنی که دانش تولید شده در آنها بر وضعیت محلی[6] سامانه تأکید دارد و نقش مشاهده‌گر در این سامانه‌ها نادیده گرفته می‌شود. سیبرنتیک اول نسخه

1. First Order Cybernetics (FOC)
2. Maturana
3. Varela
4. Umpleby
5. Geyer
6. Local

خاص، ساده و محدود شده سیبرنتیک دوم است و در واقع همان سیبرنتیک دوم است که مشاهده‌گر از آن حذف شده است (Glanville, 2002).

در علم اطلاعات و دانش‌شناسی به‌ویژه در مباحث مربوط به بازیابی اطلاعات، سامانه‌هایی که بر بازخور منفی تأکید دارند به‌وفور دیده می‌شوند اما با توجه به ماهیت اجتماعی این علم، به‌سختی می‌توان نمونه‌های سیبرنتیکی اول را معرفی کرد. حتی در پارادایم سامانه‌مدار بازیابی اطلاعات، انواع مدل‌های موجود از نوع سیبرنتیک دوم می‌باشند. به‌عبارت دیگر ماهیتاً نمی‌توان سامانه‌های بازیابی اطلاعات و نظام‌های اطلاع‌رسانی را به‌طور کامل از محیط اطراف خود مجزا دانست و فقط به توصیف جنبه‌های معدودی از آن اکتفا نمود.

سیبرنتیک دوم شامل مشاهده‌گر است و در سامانه‌هایی از این نوع، کل سامانه و نه‌فقط بخش‌هایی از آن دستخوش تغییر می‌شوند. در واقع در این سامانه‌ها مشاهده‌گر است که تغییر را ایجاد می‌کند. این نوع سیبرنتیک بر سامانه‌های زنده[1] زیستی و اجتماعی تمرکز دارد و به مطالعه شکل‌گیری ساختار سامانه‌ها و بازخور مثبت به‌جای حفظ ثبات درونی و بازخور منفی می‌پردازد و بر استقلال، خود سازمان‌دهی، شناخت و نقش مشاهده‌گر در مدل‌سازی سامانه تأکید می‌کند. براساس مکانیک کوانتوم، مشاهده‌گر و مشاهده شده نمی‌توانند از یکدیگر جدا شوند و نتایج مشاهدات به تعامل آنها بستگی دارد.

مشاهده‌گر نیز خود سامانه‌ای سیبرنتیکی است که همواره تلاش می‌کند مدل سامانه سیبرنتیکی دیگر را بسازد. برای درک این فرآیند به سیبرنتیک سیبرنتیک، فرا[2] سیبرنتیک و یا سیبرنتیک دوم نیاز است (Heylighen & Joslyn, 2001).

به این ترتیب سیبرنتیک اول نوعی از سیبرنتیک است که مشاهده‌گر از طریق تعیین هدف سامانه به‌نوعی به آن وارد می‌شود در حالی‌که در سیبرنتیک دوم مشاهده‌گر با مشخص کردن هدف خودش به سامانه وارد می‌شود.

بنابراین مشاهده‌گر در تعیین هدف خودش مستقل[3] است و مسئولیت اعمال خود را به عهده دارد. در سامانه‌ای اجتماعی اگر مشاهده‌گر در انجام وظایفش شکست بخورد، مشاهده‌گر دیگری، هدف را برای او تعیین خواهد کرد (Von Forester, 1979 ; 1981).

آمپلبی (۲۰۰۱) در مقاله‌ای با عنوان «بعد از سیبرنتیک دوم چه خواهد آمد؟» تفاوت سیبرنتیک اول

1. Living Systems
2. Meta
3. Autonomous

و دوم را با توجه به تعاریف نویسندگان مشهور این حوزه بیان می‌کند. تفاوت‌ها در جدول زیر خلاصه شده‌اند.

جدول ۱. جدول تفاوت سیبرنتیک اول و دوم از دیدگاه نویسندگان مختلف (Umpleby, 2001).

نویسنده	سیبرنتیک اول	سیبرنتیک دوم
ون فارستر	سیبرنتیک سامانه‌های مشاهده شده	سیبرنتیک سامانه‌های مشاهده‌کننده
پاسک	مدل به‌عنوان هدف	مدل‌ساز به‌عنوان هدف
وارلا	سامانه‌های کنترل‌شده	سامانه‌های مستقل

حوزه‌های موضوعی سیبرنتیک دوم

رویکرد سیبرنتیکی دوم، با تولید دانش در علوم اجتماعی و انسانی سازگاری بسیاری دارد. با این وجود، تأثیر روزافزون سیبرنتیک دوم در حوزه‌های دیگر از جمله ریاضیات، علوم رایانه، طراحی و غیره نیز انکارناپذیر است. گلانویل[1] (۲۰۰۲) ارتباطات و جامعه‌شناسی، یادگیری و شناخت، ریاضیات و رایانه، مدیریت و هنر را به‌عنوان عمده‌ترین حوزه‌های موضوعی که سیبرنتیک دوم در آنها به تولید و توزیع دانش می‌پردازد، معرفی می‌کند.

جامعه را می‌توان به‌عنوان سامانه سیبرنتیکی محاوره‌ای دوم مطرح کرد که در آن فرآیند خود نگه‌دارندگی[2] و خود سازمان‌دهی توسط ارتباطات میسر می‌شود و ارتباطات است که زندگی افراد در جامعه را میسر می‌سازد. نیکلاس لوهمن[3] در نظریات خود از سمیوتیک[4] استفاده می‌کند تا معنا را از طریق نشانه‌ها و نه از طریق افکار، درک کند و اطلاعات و دانش را از معنای نشانه‌ها به‌وجود آورد (Glanville، 2002).

پژوهشگران حوزه سیبرنتیک از دیرباز به یادگیری ماشینی[5] علاقه‌مند بوده‌اند. در سیبرنتیک دوم فعالیت یادگیری به‌جای اینکه بر عهده آموزگار باشد از وظایف یادگیرنده است (Glanville، 2002).

---

1. Glanville
2. Self-maintenance
3. Niklas Luhmann

۴. سوسور، سمیوتیک یا علم نشانه‌شناسی را به‌مثابه دانشی پیش‌بینی می‌کند که به بررسی نقش نشانه‌ها در جامعه می‌پردازد. لازم به ذکر است که، سوسور نشانه‌شناسی را علم بررسی نظام‌های نشانه‌ای می‌داند، نه بررسی نشانه‌های منفرد و از نظر او نظام‌های نشانه‌ای پدیده‌ای اجتماعی‌اند. نشانه بیرون از نظام نشانه‌ای بی‌معنی است و تلقی کارکردی بیرون از زندگی اجتماعی برای نظام نشانه‌ای به همان اندازه بی‌ربط است (Sojoodi, 2003).

۵. یادگیری ماشینی (Machine Learning) به‌عنوان یکی از شاخه‌های وسیع و پرکاربرد هوش مصنوعی، به تنظیم و اکتشاف شیوه‌ها و الگوریتم‌هایی می‌پردازد که براساس آنها رایانه‌ها و سامانه‌ها توانایی تعلم و یادگیری پیدا می‌کنند (Wikipedia).

پاسک از نظریه‌پردازان مشهور سیبرنتیک دوم، انسان را ماشینی برای یادگیری تعریف می‌کند. او بر این اساس ایده یادگیری به کمک رایانه[1] را ارائه کرد که در آن یادگیرنده، خود فعالیت‌هایش را منظم می‌کند. او ماشین‌های یادگیرنده بسیاری طراحی کرد (Pask & Cullen ,1982).

در اصل سیبرنتیک دوم در ریاضیات و رایانه ریشه دارد. زیرا نظریه‌پردازان این حوزه مانند فارس‌تر، پاسک و وارلا همگی ریاضی‌دان بودند. درک اصول سیبرنتیک دوم و به‌کار گرفتن مفاهیمی چون خود ارجاع‌دهی منجر به طراحی برنامه‌های رایانه‌ای توسط ریاضی‌دانانی چون کریستین فلوید[2] گردید (Glanville، 2002). توجه روزافزون به موضوع رابط کاربر در برنامه‌های رایانه‌ای، اهمیت محاوره و تعامل انسان با رایانه و ظهور پدیده اینترنت همگی نمادهایی از کاربرد سیبرنتیک دوم در علوم رایانه می‌باشند.

استفورد بئر[3] اولین کسی بود که ایده مدیریت سیبرنتیکی را ارائه کرد. نظریات او همچنان پابرجاست و همواره چراغ راه بسیاری نظریه‌پردازان این حوزه بوده است. سیبرنتیک دوم در علم مدیریت منجر به ظهور سازمان‌های یادگیرنده، خودآگاه، انعکاسی و تعاملی شده است (Glanville، 2002).

با توجه به حضور ارتباط و تعامل در طراحی، سیبرنتیک دوم و هنر در اصول با هم اشتراک دارند و هنر طراحی فرآیند محاوره‌ای گردشی است که در آن هنرمند، رسانه‌ای مانند قلم را برای خلق اشیاء جدید و مفاهیم جدید به‌کار می‌گیرد (Glanville، 2007). راوز[4] (۲۰۰۷) نیز به مفاهیم خود انعکاسی و خود ارجاع‌دهی در سیبرنتیک دوم به‌عنوان مفاهیمی که زیربنای رویکرد فرا ساختارگرایی[5] در هنر معماری هستند اشاره می‌کند. در این رویکرد، هنر معماری سازه‌ای برخواسته از روابط عوامل انسانی، تبادل، تعامل، مواد و فناوری است.

علم اطلاعات و دانش‌شناسی حوزه‌ای بین‌رشته‌ای است که با همه حوزه‌های موضوعی سیبرنتیک دوم که در بالا ذکر شد سروکار دارد. انواع الگوریتم‌های بازیابی اطلاعات از جمله مدل‌هایی که برای افزایش اثربخشی سامانه از انواع بازخورد ربط بهره می‌برند، از این منظر به‌خوبی قابل بررسی هستند. سامانه توصیه‌گر واژگان در جستجو از موتور جستجویی مانند گوگل و یا هر پایگاه اطلاعاتی دارای سامانه توصیه‌گر نمونه‌ای از سامانه‌های سیبرنتیکی دوم در حوزه بازیابی اطلاعات می‌باشند.

1. Computer Aided Learning (CAL)
2. Christiane Floyd
3. Stafford Beer
4. Rawes
5. Post-structuralist

از طرف دیگر، در اصل نظام‌های اطلاع‌رسانی به‌عنوان سامانه‌های اجتماعی کاربرمدار از جمله سامانه‌های سیبرنتیکی دوم محسوب می‌شوند که مشاهده‌گر در طراحی و مدیریت آنها حضور فعال دارد. رویکرد سیبرنتیکی دوم در علم اطلاعات و دانش‌شناسی، می‌تواند راهگشای مطالعات نوینی باشد که در آنها از روش‌هایی می‌توان بهره گرفت که تاکنون به‌ویژه در ایران کمتر مرسوم بوده است. روش‌هایی مانند پویایی‌های سامانه[1]، یادگیری ماشینی مانند انواع مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک و دیگر روش‌های بهینه‌سازی که همگی ابزارها و روش‌هایی برگرفته از دیدگاه‌های سیبرنتیکی دوم می‌باشند، می‌توانند پژوهشگران علم اطلاعات و دانش‌شناسی را به مرحله‌ای فراتر از رویکردهای توصیفی و مدل‌سازی‌های مفهومی سوق دهند. با این رویکرد انواع مدل‌های ریاضی ایجاد شده توسط مشاهده‌گران این حوزه را می‌توان مورد آزمون قرار داد و به محاسبه خطای مدل‌ها و عملیاتی کردن آنها پرداخت. لازم به ذکر است که تشریح کامل این روش‌ها خارج از اهداف این مقاله است لذا در ادامه به مدل‌سازی سیبرنتیکی و بازنمون دانش به‌صورتی کلی و اجمالی پرداخته می‌شود.

سیبرنتیک دوم، مدل‌سازی و بازنمون دانش

قوسال[2] (۱۹۹۹) مدل‌سازی با دیدگاه سیبرنتیکی دوم را تشریح می‌کند. در دیدگاه وی، مسأله جعبه سیاه[3] ساده به کشف روش‌های تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها، می‌پردازد. بنابراین با وجود مجموعه {x}به‌عنوان ورودی و مجموعه {y} به‌عنوان خروجی، نکته اساسی تعیین تابع f (f: X -> Y) می‌باشد. این مسأله ساده، به‌وسیله مسائل پویا و متغیر در طول زمان، پیچیدگی و عدم قطعیت به‌مرور می‌تواند به مسأله‌ای پیچیده تبدیل شود. بنابراین تعداد زیادی f در مسأله می‌تواند به‌وجود بیاید. در این صورت باید محدوده و مرزهای مجموعه {f} را تعیین کرد. با وجود اینکه باز هم صورت مسأله آسان و پیش پا افتاده به نظر می‌رسد، اما رسیدن به جوابی منطقی بسیار دشوار است. در رویکرد آماری، برای حل این مسأله نوع تابع و مجموعه ورودی {x} توسط پژوهشگر یا مشاهده‌گر انتخاب می‌شود و براساس اطلاعات گذشته راجع به

---

1. System Dynamics
2. Ghosal
3. Black box

جعبه سیاه شیئی است که ترتیب و ترکیب آن برای انسان ناشناخته است. ورودی‌ها و خروجی‌های خاص خود را دارد و در برابر عوامل مشخص خارجی که ورودی‌های آن را تحت تأثیر قرار دهد، واکنش مشخصی نشان می‌دهد. وظیفه انسان هم فهم جعبه سیاه بدون باز کردن آن و تنها از طریق بررسی ورودی‌ها و خروجی‌های آن است. این مفهوم توسط اشبی در ۱۹۵۶ م. به علم سیبرنتیک وارد شد (Glanville, 2002).

این مسأله، فرضیه‌ای ساخته می‌شود و مورد آزمون قرار می‌گیرد. با توجه به نقش مشاهده‌گر در انتخاب این مدل و وجود این واقعیت که در سامانه دینامیکی، گذشته راهنمایی ضروری و قطعی برای آینده نیست (فرضیه‌سازی)، می‌توان گفت در حل این مسأله، نقش سیبرنتیک دوم آشکار است.

مدل‌سازی در سیبرنتیک دوم همچنین می‌تواند براساس رویکردی که در احتمالات شرطی بیزی[1] دنبال می‌شود، توسعه یابد (Ghosal, 1999). قضیه بیز روشی برای دسته‌بندی پدیده‌ها، بر پایه احتمال وقوع یا عدم وقوع یک پدیده است و در نظریه احتمالات با اهمیت و پرکاربرد است. این قضیه از آن جهت مفید است که می‌توان از طریق آن احتمال پیشامدی را با مشروط کردن نسبت به وقوع و یا عدم وقوع پیشامدی دیگر محاسبه کرد. در بسیاری از حالت‌ها، محاسبه احتمال پیشامدی به‌صورت مستقیم کاری دشوار است. با استفاده از این قضیه و مشروط کردن پیشامد موردنظر نسبت به پیشامد دیگر، می‌توان احتمال موردنظر را محاسبه کرد (Ross, 2002).

قوسال (۱۹۹۹) تأکید می‌کند که در مدل‌سازی سیبرنتیک دوم موقعیت‌هایی وجود دارند که در آنها دانش با تعریف مسأله شرطی بیزی می‌تواند تولید شود. به این ترتیب باید احتمال قبلی را در نظر گرفت و سپس احتمال بعدی را به‌عنوان معیاری برای روزآمد کردن احتمال، تخمین زد. برای مثال در راستای سیاست‌گذارهای علم و فناوری کشور، پژوهشگر علم‌سنجی احتمال اولیه بالا رفتن نرخ تولید علمی به بیش از ۵ درصد در سال آینده را ۰/۷۰ تعیین کرده است. اما شش ماه بعد او با جمع‌آوری اطلاعات مربوط به استنادات، شاخص‌های محلی علم‌سنجی، نحوه ارتباطات علمی و ... احتمال ۰/۶۵ را برای داشتن نرخ تولید زیر ۳ درصد تخمین می‌زند. مثال‌های مشابهی می‌توان در زمینه پیش‌بینی رشد فناوری خاصی در جامعه، رشد جامعه اطلاعاتی و سامانه‌های اطلاعاتی مطرح کرد. اما نکته اینجاست که هر مشاهده‌گر می‌تواند احتمال قبلی پدیده‌ای را براساس پارامترها یا متغیرهای مدل ذهنی یا سازه ذهنی خودش محاسبه کند. برای مثال مشاهده‌گری احتمال رشد فناوری ابری[2] را براساس مدل نمایی[3] (دارای توابع نمایی) و مشاهده‌گر دیگر براساس مدل توزیع و پذیرش[4] پیش‌بینی می‌کند.

امروزه داده‌کاوی و مدل‌سازی شبکه عصبی مبتنی بر احتمالات شرطی که برآمده از رویکرد سیبرنتیکی دوم می‌باشند، در حوزه‌های مختلف پژوهشی به‌ویژه هوش مصنوعی به‌عنوان روش‌های نوین بازنمون دانش، کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند. لازم به ذکر است که هوش مصنوعی در بازیابی اطلاعات و

1. Bayesian treatment of conditional probability
2. Cloud Computing
3. Exponential
4. Diffusion Model

دانش نیز از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و فنون پردازش زبان طبیعی و متن‌کاوی، همچون دیگر مباحث هوش مصنوعی بر احتمالات شرطی استوار هستند.

دانش سیبرنتیکی سوم

نظریه‌پردازان و پژوهشگران علم سیبرنتیک با بررسی دیدگاه سیبرنتیکی حاکم بر زمان خود، همواره بر لزوم تجدیدنظر در رویکردهای موجود تأکید کرده‌اند. در این راستا نوع سوم سیبرنتیک به‌صورت رسمی توسط روبرت والی[1] مطرح شد (Glanville, 2002). او پیشنهاد کرد که زمان آن فرا رسیده است که رویکرد سیبرنتیک به‌عنوان فردی که مشاهده می‌کند، به فردی که به‌صورت عملی کاری انجام می‌دهد تغییر یابد. والی (۲۰۰۳) ریشه عملیاتی بودن مشاهده‌گر را در اندیشه‌های نوربرت وینر جستجو می‌کند و اظهار می‌کند که وینر و دیگران (۱۹۴۳) بر این حقیقت که سیبرنتیک با عملیات سروکار دارد، تأکید کرده‌اند. زیرا در سامانه سیبرنتیکی اول، تنظیم‌کننده[2] به‌وسیله کانال ارتباطی، اختلاف آنچه درک می‌شود و آنچه باید انجام شود را مشاهده می‌کند، سپس از طریق سیگنال تصمیم‌گیری وارد عمل می‌شود. کوفیگنال[3] نیز باور دارد که سیبرنتیک هنر تصمیم‌گیری کارا و مؤثر می‌باشد (Vallée, 2003). بنابراین عملیاتی شدن به شناخت و مشاهده نیاز دارد. والی براساس این دو عامل، ایده شناخت – عمل‌گرایی[4] را ارائه کرد (Vallée, 1998). به همین ترتیب در سیبرنتیک دوم نیز مشاهده‌گران می‌توانند عملیاتی شوند. در این صورت می‌توان به مرتبه بالاتری از سیبرنتیک یعنی سیبرنتیک سوم وارد شد. مدل‌های سیبرنتیکی نوع سوم با کمک فناوری می‌توانند منجر به تولید اعضای مصنوعی شوند که دارای اعصاب و احساسی شبیه به اعضای بدن انسان باشند و توانایی آموختن و تصمیم‌گیری را داشته باشند (Vallée, 2003).

سیبرنتیک سوم در سامانه‌های اجتماعی با مشاهده‌گرانی سروکار دارد که نه‌تنها مشاهده می‌کنند بلکه تصمیم‌گیری می‌کنند و براساس تصمیم‌هایشان در سامانه فعالیت می‌کنند. باکسر[5] وکنی[6] (۱۹۹۰) سیبرنتیک سوم را شبکه‌ای از مشاهده‌گرانی معرفی می‌کنند که همواره مشاهده‌گران دیگر را مورد مشاهده قرار می‌دهند. از نظر آنها سیبرنتیک سوم در راستای عدم کارایی سیبرنتیک اول و دوم برای سامانه‌های

1. Robert Vallee
2. Regulator
3. Couffignal
4. Epistemo-praxiology
5. Boxer
6. Kenny

انسانی به‌وجود آمده است. زیرا در جوامع انسانی زبان و ارتباطات وجود دارد و هستی‌شناسی هر مشاهده‌گر نیز با دیگری متفاوت است. لذا باید بین این هستی‌شناسی‌ها تعامل ایجاد شود تا بتوان پیچیدگی سامانه‌های انسانی را شناخت و در جهت تکامل آن گام برداشت. باکسر وکنی (۱۹۹۰) سیبرنتیک سوم را راهکاری عملی برای مسائل پیشروی مشاوران راهبردی در سازمان‌های بزرگ می‌دانند. آمپلبی (۲۰۰۱) نیز بر نیاز به ایده‌ای جدید برای پیشرفت حوزه سیبرنتیک تأکید می‌کند و نسخه سوم سیبرنتیک را پیشنهاد می‌دهد. از نظر او سیبرنتیک سوم، سیبرنتیک اجتماعی است که در آن دانش برای دستیابی به اهداف انسان ساخته می‌شود. این نوع سیبرنتیک نه‌تنها ارتباط علوم طبیعی و انسانی بلکه چگونگی خلق، نگهداری و تغییر سامانه‌های اجتماعی توسط انسان‌ها از طریق زبان و عقاید را توضیح می‌دهد. ایده‌ها، در سیبرنتیک سوم در صورتی‌که در راستای اهداف مشاهده‌گر به‌عنوان مشارکت‌کننده‌ای اجتماعی باشد مورد پذیرش قرار می‌گیرند. در این صورت با شکل‌دهی سامانه‌های مفهومی می‌توان جامعه را از طریق متقاعد کردن، در جهت رشد و تعالی تغییر داد.

در سیبرنتیک سوم، مشاهده‌گر و سامانه دوش به دوش هم تکامل می‌یابند. به‌عبارت دیگر مشاهده‌گر خود را به‌عنوان بخشی از سامانه می‌پندارد که همواره مورد آزمون قرار می‌گیرد. بنابراین عملکرد تعاملی و ارتباطات عنصر اصلی سیبرنتیک سوم است. ارکستر موسیقی مثالی از سامانه سیبرنتیکی سوم است. در ارکستر هر نوازنده ضمن اینکه به نواختن خود گوش می‌دهد، به نوازنده دیگر نیز گوش فرا می‌دهد. به‌عبارت دیگر این عمل همواره به‌صورت متقابل بین نوازندگان وجود دارد. بنابراین در نهایت ارکستری با شکل‌دهی سامانه‌ای اجتماعی، به‌صورت واحدی یکنواخت و به‌عبارتی در حکم یک ساز عمل می‌کند که محصول هارمونی ایجاد شده در اجرا و عملکرد نوازندگان است.

اگر به سازمان‌های انسانی از جمله مراکز اطلاع‌رسانی به‌عنوان ارکستر موسیقی نگریسته شود، آنگاه به‌راحتی می‌توان اهمیت سیبرنتیک سوم را در آنها درک نمود و دانش سیبرنتیکی سوم را در آنها تولید و توزیع کرد و در نهایت به حل مسائل پیچیده سازمان نائل آمد.

دانش سیبرنتیکی چهارم

بوزینیک[1] و مولج[2] (۲۰۱۱) ایده سیبرنتیک چهارم را برای رفع مسائل کنونی جوامع انسانی از جمله بحران جهانی اقتصاد با هدف حرکت به‌سوی آینده‌ای با ثبات برای بشریت مطرح کردند. آنها بیان

1. Božicnik
2. Mulej

می‌کنند که در موقعیت کنونی به دلایل زیر سیبرنتیک اول تا سوم در معرض خطر یک‌جانبه نگری[1] و جزءگرایی قرار دارد.

انبوهی از دانش و اطلاعات انسان را احاطه کرده‌اند لذا او ناگزیر به‌سوی تخصص و درک محدوده‌ای از واقعیت سوق داده می‌شود. البته این مسأله در بسیاری موارد ارزش، فرهنگ، اخلاق و هنجار محسوب می‌شود اما باید در نظر داشت که در سیبرنتیک اصل بر تفکر سامانه‌ایی و کل‌گرایی است. از طرف دیگر تعداد محدودی دانشکده و دانشگاه در سراسر جهان تئوری سامانه‌ها را به‌عنوان راهکاری بین‌رشته‌ای آموزش می‌دهند. حتی در مجلات و همایش‌های علم سامانه‌ها نیز کمتر آثار بین‌رشته‌ای و حاصل کار گروهی دیده می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد توجه جدی برای حل مسائل پیچیده علوم مختلف برای فراهم آوردن آینده‌ای باثبات برای بشر وجود ندارد. این در حالی است که مسائل جهان توسط یک رشته علمی و یا رشته‌های علمی به‌طور جداگانه حل نخواهد شد و همکاری بین‌رشته‌ای را می‌طلبد Božicnik (& Mulej, 2011).

از نظر آنها پیامدهای یک جانبه‌گری در حل مسائل، منجر به جنگ‌های جهانی و بحران‌های اقتصادی و اجتماعی کنونی شده است. لذا همکاری خلاقانه متخصصین با رویکردی سیبرنتیکی باعث می‌شود بسیاری از مسائل بحرانی به‌دست فراموشی سپرده نشوند. زیرا رفتار سیبرنتیکی قبل از هر تئوری دیگری با بشر همراه بوده است. برخی به رفتار سیبرنتیکی بشر اولیه، سیبرنتیک مرتبه صفر می‌گویند که در آن دانش بدون پیشینه نظری ایجاد می‌شود (Mulej & et all, 2012). انسان در طول تاریخ همواره با مشاهده، تفکر، تصمیم‌گیری، عمل و ارتباطات سعی کرده مسائل خود را حل و فصل و کنترل کند. بنابراین لازم است بر کل‌نگری با ایده سیبرنتیک چهارم که در آن خطر جزئی‌نگری کمتر و مسئولیت اجتماعی بالاتر است، تأکید شود.

بوزینیک[2] و مولج[3] (۲۰۱۱) به کاربرد نظریه دیالکتیک سامانه‌ها [4] در سیبرنتیک تأکید دارند و

---

1. one-sideness
2. Božicnik
3. Mulej
4. Dialectic Systems Theory =DST

دیالکتیک روشی است که از طریق گفتمان به دنبال راهکاری برای حل تضادها و عدم توافق‌ها است. پیشینه تفکر دیالکتیکی به یونان باستان و به‌طور مشخص به نظریات سقراط باز می‌گردد. در مکاتب مارکسیسم و لنینیسم، واژه دیالکتیک به‌معنای حرکت و تحول در تمام جنبه‌های مادی، اجتماعی، اقتصادی، اخلاقی و طبیعی به‌کار رفت. بدین ترتیب، فلسفه دیالکتیک در این مکاتب چیزی جز مطالعه طبیعت و جامعه در حال دگرگونی نیست (Wikipedia).

نظریه سامانه دیالکتیک جهانی[1] را که پلی است بین علوم طبیعی و انسانی، به‌عنوان هدف اصلی سیبرنتیک چهارم پیشنهاد می‌کنند. این نظریه به افراد انسانی کمک می‌کند تا ارزش‌ها و هنجارهای کل‌گرایی را بپذیرند و از طریق همکاری بین‌رشته‌ای و گفتمان، به افرادی نوآور و خلاق برای حل مسائل جامعه تبدیل شوند. از این منظر دانش از طریق شناختی پویا و نه ایستا و به کمک ارتباطات علمی در سطح جهانی حاصل می‌شود. لازم به ذکر است که سیبرنتیک چهارم از ارتباطات علمی که از مباحث مهم علم اطلاعات و دانش‌شناسی است، بهره می‌برد. بنابراین علم اطلاعات و دانش‌شناسی از حوزه‌هایی است که سیبرنتیک چهارم در آن به‌خوبی متبلور می‌گردد و برای توسعه علمی جوامع که در نهایت منجر به پیشرفت در دیگر زمینه‌ها می‌شود، پشتوانه بسیار مناسبی است. به شکل ۲[2] توجه کنید.



شکل۲. نمادی از سیبرنتیک چهارم (Attainable Utopias).

به‌طورکلی هر سامانه در سیبرنتیک چهارم با توجه به زمینه‌اش[3] تعریف می‌شود و ارتباط بین سامانه‌ها برقرار می‌گردد. در این نوع سیبرنتیک هر آنچه‌که مشاهده‌گر درک می‌کند، خودش سامانه‌ای است که با زمینه‌اش یکپارچه شده است. بنابراین در سیبرنتیک چهارم ابر سامانه‌ای[4] وجود دارد که همزمان هم سامانه‌ای است که در بافت و زمینه‌اش عمل می‌کند و هم بخشی از سامانه‌ای دیگر است. در عین‌حال ظرفیت و توانایی یکپارچه‌سازی و یا از هم پاشیدن خود و دیگر سامانه‌ها را نیز داراست (Attainable Utopias).

نتیجه

در رویکرد سیبرنتیکی می‌توان گفت که برای کنترل هر پدیده‌ای، سیبرنتیک اول کارساز است. اما وقتی قرار است مکانیسمی در چرخه‌ای با هدف آموختن چگونگی مشاهده و پذیرش خود- سازماندهی

1. Universal DST =UDST

۲. شکل برگرفته از وب‌سایت www.attainable-utopias.org می‌باشد.

3. Context
4. Meta-system

قرار بگیرد، سیبرنتیک دوم مفید خواهد بود. برای کنکاش بقیه موارد با در نظر گرفتن این نکته که سیبرنتیک سوم و چهارم تکامل یافته از سیبرنتیک دوم هستند، به نظر می‌رسد باید به مراتب بالاتری از سیبرنتیک یعنی سیبرنتیک سوم و چهارم قدم گذاشت.

در رویکرد سیبرنتیکی مشاهده‌گر در هر مرتبه از سیبرنتیک نقش متفاوتی ایفا می‌کند. بدین ترتیب دانش در سیبرنتیک اول یا سیبرنتیک مهندسی تصویری از واقعیت مشاهده شده و بدون حضور مشاهده‌گر در سامانه، در سیبرنتیک دوم سازه‌ای فردی با حضور مشاهده‌گر و در سیبرنتیک سوم سازه‌ای اجتماعی منتج از عملکرد مشاهده‌گران در جهت اهداف انسانی است که در سیبرنتیک چهارم با استفاده از دیالکتیک جهانی و گسترش ارتباطات علمی تکامل می‌یابد. بنابراین دانش سیبرنتیکی اول به توصیف علمی فرآیندهای طبیعی می‌انجامد. دانش سیبرنتیک دوم افزایش تحمل تئوری‌های دیگر مشاهده‌گران و نقد و بررسی آنها و دانش سیبرنتیک سوم بهبود وضعیت جامعه را به دنبال خواهد داشت و بالاخره به نظر می‌رسد دانش سیبرنتیکی چهارم بتواند نقشی در ثبات آینده جهان در ابعاد مختلف، ایفا کند.

در جهان کنونی عملکرد انسانی به دلیل نیاز منطقی به تخصص‌گرایی به سمت یک جانبه‌گرایی سوق داده می‌شود، اما اثرات این جزء‌گرایی در درازمدت جهان‌شمول خواهد شد و حتی مشاهده‌گرانی که به‌صورت فعال در عملکردها مشارکت نداشته‌اند نیز از آن تأثیر خواهند پذیرفت (Božicnik & Mulej; 2011)؛ بنابراین سیبرنتیک چهارم در جهت تکامل هر چه بیشتر دانش بشر، ضروری می‌نماید.

تغییر جزء لاینفک علم سیبرنتیک است. اساس تغییر دیدگاه‌های سیبرنتیکی در طول زمان و به‌وجود آمدن انواع سیبرنتیک نیز همین مفهوم پایه‌ای است. چگونگی شناخت و تولید دانش در رویکرد سیبرنتیکی نیز همواره دستخوش تغییر است. تغییری که با هدف بهبود و تکامل دانش در راستای حل مسائل پیچیده جهان صورت می‌گیرد.

هر چهار رویکرد سیبرنتیکی در علم اطلاعات و دانش‌شناسی حائز اهمیت می‌باشند. این در حالی است که اوج این اهمیت را در ارتباطات علمی و سیبرنتیک چهارم می‌توان دید. علم اطلاعات و دانش-شناسی به دلیل دارا بودن ماهیتی بین‌رشته‌ای می‌تواند به‌عنوان رشته‌ای که در توسعه علم نقش به‌سزایی دارد، زیربنای توسعه جوامع به‌شمار آید. به‌نظر می‌رسد این مهم در صورتی مؤثر و کارا محقق خواهد شد که به مطالعات علم و فناوری از دیدگاه تکامل دانش در علم سیبرنتیک نگریسته شود.

در پایان می‌توان گفت که رویکردهای چهارگانه سیبرنتیک به‌عنوان مبحثی پایه‌ای و در عین‌حال کاربردی در علوم مختلف مطرح هستند و ابزارهای آنها به‌طور گسترده‌ای در مطالعات گوناگون به‌ویژه

علوم تجربی، مهندسی و مدیریت به‌کار گرفته می‌شوند. در این مقاله سعی شد با معرفی مفاهیم پایه سیبرنتیک چهارگانه و با تأکید بر فلسفه علم، اهمیت آن در حوزه‌ای که دانش و اطلاعات را از جنبه‌های گوناگون و گسترده مورد بررسی قرار می‌دهد آشکار گردد. به‌دنبال پیشرفت‌های علم سیبرنتیک، دوره توسل به رویکردهای خطی برای حل مسائلی که ماهیتی پیچیده و غیرخطی دارند، به سر آمده است. لذا ضروری می‌نماید که پژوهشگران علم اطلاعات و دانش‌شناسی ایران نیز با اتخاذ رویکردهای سیبرنتیکی حل مسائل پیچیده از جمله روش‌شناسی پویایی‌های سامانه، هم در راستای توسعه علمی جامعه و هم حل مسائل پیچیده نظام‌های اطلاع‌رسانی ایران که مانند هر نظام اطلاع‌رسانی دیگری، پویایی و تغییر از ویژگی‌های بارز و غیرقابل‌انکار آن می‌باشد گام بردارند. لازم به ذکر است که بررسی پویایی ربط در پایگاه داده، پویایی پذیرش انواع فناوری‌ها در مراکز اطلاع‌رسانی، پویایی هم‌تألیفی، پویایی تولیدات علمی و صدها مورد دیگر می‌توانند موضوع مطالعات سیبرنتیکی در علم اطلاعات و دانش‌شناسی قلمداد شوند.

کتابنامه

آزاد، اسدالله، شریف، عاطفه (۱۳۸۶). وب معنایی در پیوند با سیبرنتیک. *پژوهشنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی*، ۸ (۳)، ۱۳۱-۱۴۸.

سجودی، فرزان (۱۳۸۲). *نشانه‌شناسی کاربردی*. تهران، نشر قصه.

Ashby, W.R. (1956). *Introduction to cybernetics*, Wiley, New York, NY.

Attainable Utopias. Forth order cybernetics. http://www.attainable-utopias.com/tiki/FourthOrderCybernetics. (Retrieved 24-Jun-2014).

Beyes, T. (2005). Observing observers. Von Foerster, Luhmann, and management thinking, *Kybernetes*, 34 (¾), 448 – 459.

Boxer, P., & Kenny, V. (1990). The economy of discourses: a third order cybernetics?. *Human Systems Management*, *9*(4), 205-224.

Božicnik, S., & Mulej, M. (2011). A new–4th order cybernetics and sustainable future. *Kybernetes*, *40*(5/6), 670-684.

Geyer, F. (1995).The challenge of socio-cybernetics, *Kybernetes*, 24 (4), 6-32.

Ghosal, A. (1999). Second order cybernetics - Implications in Real Life, *Kybernetes*, 28 (4), 377 – 384.

Glanville, R. (2002). Second order cybernetics. *Encyclopaedia of Life Support Systems*.

Glanville, R. (2007). Try again. Fail again. Fail better: the cybernetics in design and the design in cybernetics. *Kybernetes*, *36*(9/10), 1173-1206.

Heylighen F. (2001). Bootstrapping knowledge representations: from entailment meshes via semantic nets to learning webs. *Kybernetes*. 30 (5/6), 691-722.

Heylighen F. & Joslyn C. (2001). Cybernetics and second order cybernetics, *Encyclopedia*

of Physical Science & Technology, 4, 155-170. http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/Cybernetics-EPST.pdf (Retrieved 05-Jun-2014).

Korzybsky, A. (1994).*Science and Sanity*: *An Introduction to Non-Aristotelian Systems and General Semantics.* Fifth Edition. Chicago: IGC.

Mulej, M., Bozicnik, S., Hrast, A., Jurse, K., Kajzer, S., Knez-Riedl, J., ... & Zenko, Z. (2012). Dialectical systems thinking and the law of requisite holism. *Goodyear, ISCE.*

Pask G. & Cullen S. (1982). *Microman: Computers and the Evolution of Consciousness.*New York: Macmillan.

Prigogine, I. (1980).*From Being to Becoming*, Freeman: San Francisco, CA.

Rawes, P. (2007). Second-order cybernetics, architectural drawing and monadic thinking. *Kybernetes*, *36*(9/10), 1486-1496.

Ross, Sheldon (2002). *A First Course in Probability*, 6th Edition. Prentice Hall.

Sammut, C., & Webb, G. I. (Eds.). (2011). *Encyclopedia of machine learning*. Springer.

Scott, B. (1997). Inadvertent pathologies of communication in human systems, *Kybernetes*, 26(6/7), 824 – 836.

Scott, B. (2004). Second-order cybernetics: an historical introduction, *Kybernetes*, 33(9/10), 1365 – 1378.

Lightman, A. (2004). Einstein & Newton: genius compared. *Scientific American*, 291(3), 108-110.

https://moodle.centerville.k12.oh.us/pluginfile.php/32663/mod_resource/content/1/einstein%20and%20newton%20compared.pdf (Retrieved 4-Jun-2014).

Umpleby, S.A. (1990). The science of cybernetics and cybernetics of science, *Cybernetics & Science*, 21, 9-21.

Umpleby, S. (2001). What comes after second order cybernetics?. *Cybernetics & Human Knowing*, *8*(3), 87-89.

Vallée, R. (1998). An introduction to Epistemo-praxiology. *Cybernetics & Human Knowing*, *5*(1), 47-55.

Vallée, R. (2003). Cybernetics and systems, from past to future. *Kybernetes*, *32*(5/6), 853-857.

Von Bertalanffy, L. (1950). An outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of Science*.

Von Bertalanffy, L. (1972). The history and status of general systems theory. *Academy of Management Journal*, *15*(4), 407-426.

Von Foerster, H. (1979).*Cybernetics of cybernetics*. Urbana Illinois, University of Illinois. http://143.107.236.240/pesquisas/cultura_digital/arquitetura_e_cibernetica/textos%20linkados/foerster_cybernetics%20of%20cybernetics.pdf. (Retrieved 12-Jun-2014)

Von Foerster, H. (1981). *Observing systems*. Intersystems Publications, Seaside, CA.

Wiener, N. (1948), *Cybernetics*, MIT Press, Cambridge, MA.

Wikipedia. Dialectic. http://en.wikipedia.org/wiki/ Dialectic. (Retrieved 4-Jun-2014).

Wikipedia. Hermeneutics. http://en.wikipedia.org/wiki/Hermeneutics (Retrieved 4-Jun-2014).

Wikipedia. Machine learning. http://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning. (Retrieved 4-Jun-2014).

Wikipedia. Semiotics. http://en.wikipedia.org/wiki/Semiotics (Retrieved 4-Jun-2014).